

UJI KEMAMPUAN TANAMAN VETIVER
(*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty)
SEBAGAI FITOREMEDIATOR PADA PROSES BIOREMEDIASI
TANAH TERKONTAMINASI PHC (*Petroleum Hydrocarbon*)

Efi Indra Yani^{*}, Aunurohim¹⁾, Budhi Priyanto¹⁾

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh penggunaan tanaman Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) terhadap penurunan nilai TPH, jumlah populasi bakteri serta pertumbuhan tanaman pada proses bioremediasi selama 3 bulan. Media terdiri dari campuran tanah dan pasir dengan perbandingan 2:3. *Crude oil* diambil dari industri rakyat pengeboran minyak bumi di Bojonegoro, Jawa Timur. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) berpola faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor 1: Konsentrasi *crude oil* yang terdiri dari 4 taraf: M0:0%, M1:1%, M3:3%, dan M10:10%. Faktor 2: Penggunaan Vetiver (*C. zizanioides*) yang terdiri dari 2 taraf: V0: tanpa menggunakan Vetiver dan V1: menggunakan Vetiver, diperoleh 8 kombinasi perlakuan, masing-masing diulang 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan pemanfaatan Vetiver (*C. zizanioides*) meningkatkan jumlah populasi bakteri dan penurunan nilai TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*). Namun semakin banyak *crude oil* yang ditambahkan maka pertumbuhan *C. zizanioides* semakin rendah.

Kata kunci : Bioremediasi, *Chrysopogon zizanioides*, *crude oil*, TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*).

I. PENDAHULUAN

Aktivitas industri perminyakan (pengeboran, pengilangan, proses produksi dan transportasi) umumnya menghasilkan limbah minyak mentah atau *crude oil* dan

terjadi tumpahan di tanah maupun perairan (Udiharto 1996a dalam Herdiyanto 2005). Hidrokarbon petroleum/ *Petroleum Hydrocarbon* atau yang sering disebut PHC merupakan senyawa utama yang terdapat pada *crude oil* yang biasanya diukur sebagai *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH).

Petroleum Hydrocarbon (PHC) bisa secara luas dibagi menjadi parafinik, aspaltik, dan campuran (Todd *et al.*, 1999 dalam Brandt, 2003). PHC dianggap polutan berbahaya dan mengandung senyawa yang bisa mengalami biokonsentrasi dan bioakumulasi dalam rantai makanan, merupakan toksik, dan beberapa fraksinya seperti benzena dan benzo[a]pirena diketahui sebagai mutagen dan karsinogen (Kamath, *et al.*, 2004).

Dalam UU No. 23/1997 dan PP No. 18/1999 disebutkan bahwa limbah *crude oil* termasuk kategori bahan berbahaya dan beracun (B3).

Alternatif lain yang dapat digunakan dalam penanggulangan pencemaran *crude oil* adalah teknologi bioremediasi. Bioremediasi untuk tanah terkontaminasi PHC merupakan pilihan yang menjanjikan dengan pembersihan yang cepat, murah dan risiko lebih kecil dibandingkan dengan metode pemulihan lingkungan secara fisika maupun kimia. Salah satu teknologi dalam proses bioremediasi adalah dengan menggunakan tanaman (fitoremediasi). Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang diremediasi oleh tanaman, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tanaman air. Tanaman meremediasi polutan organik melalui tiga cara, yaitu menyerap secara langsung bahan kontaminan, mengakumulasi metabolisme nonfitotoksik ke sel-sel tanaman, dan melepaskan eksudat serta enzim yang dapat

menstimulasi aktivitas mikroba, serta menyerap mineral pada daerah rizosfer. Tanaman juga dapat menguapkan sejumlah uap air. Dimana penguapan ini dapat mengakibatkan migrasi bahan kimia (Schnoor *et.al.*, 1995).

Fitoremediasi tanah terkontaminasi PHC juga bisa dibantu dengan mengintroduksi spesies mikroba spesifik (bioaugmentasi) dengan karakteristik ideal untuk oksidasi atau degradasi kontaminan organik dan biostimulasi dengan menambahkan nutrisi organik dan anorganik (Alarcón, 2006). Menurut Frick dkk., secara umum degradasi PHC mungkin tidak dapat dilakukan secara langsung oleh tumbuhan. Tetapi tumbuhan akan bekerjasama dengan mikroba atau tergantung pada tipe polutan, jenis mikroba dan lingkungannya.

Salah satu tanaman yang dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi untuk mendegradasi PHC adalah *Chrysopogon zizanioides*. *C. zizanioides* merupakan tanaman C4, termasuk tanaman perenial yang berumur panjang (10 tahun) dan mampu tumbuh pada rentang suhu -9 sampai 45°C serta toleran terhadap pH 4,5-10,5. *C.zizanioides* memiliki kapabilitas spesifik dalam mereduksi material organik seperti COD, BOD, amonia, dan juga logam seperti Zn (90%), As (60%), Pb (30-71%), dan Hg (13-15%). 10,5 (Kong *et al.*, 2000 dalam Ambarukmi dan Sriwuryandari, 2006). Disamping itu, tanaman ini juga memiliki

kemampuan untuk mengurangi polutan hidrokarbon dalam tanah serta mampu bertahan hidup dan menumbuhkan tunas baru pada tanah yang telah tercemar hidrokarbon (Ambarukmi dan Sriwuryandari, 2006). Eksudat akar *C. zizanioides* berupa karbohidrat larut, asam organik, asam amino serta hormon pertumbuhan menyediakan sumber nutrisi dan energi untuk pertumbuhan mikroba di rhizosfer (Russel, 1982 dan Lynch, 1990).

Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan penelitian mengenai pemanfaatan tanaman Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) pada proses bioremediasi tanah terkontaminasi PHC untuk mengetahui kemampuannya dalam mendegradasi PHC pada jenis dan konsentrasi *crude oil* yang berbeda.

II. METODOLOGI

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, dimulai pada bulan Juli 2011 sampai Januari 2012. Dengan waktu persiapan 3 bulan dan waktu penelitian selama 3 bulan. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Flora, Laboraturium Analitik dan Laboratorium Mikrobiologi, Balai Teknologi Lingkungan - Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BTL-BPPT), Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPIPTEK), Serpong-Tangerang Selatan, Banten.

Persiapan Alat dan Bahan

Alat

Alat yang digunakan adalah *polybag*, ember, termometer, soil tester, pipet volumetrik dan pipet gondok, termometer, *shaker*, erlenmeyer, tabung reaksi, cawan petri, aerator, neraca analitik, saringan, soxhlet, inkubator, oven, tabung reaksi,.

Bahan

Bahan yang digunakan adalah tanah latosol, pasir, minyak mentah (*crude oil*), bakteri konsorsium, tanaman Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), pepton, agar-agar, *meat extract*, NaCl, aquades, n-hexana, aseton dan aquadest. *Crude oil* didapatkan dari hasil eksplorasi dan produksi petroleum di Bojonegoro, Jawa Timur.

2.2. Prosedur Kerja

2.2.1 Persiapan Bioreaktor dan Perlakuan

Penyiapan Media

Bioreaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa 24 unit reaktor. Reaktor dibuat dari *polybag* ukuran 3 kg yang tidak dilubangi. Media tanam berkomposisi pasir:tanah (3:2) dicampur dengan *crude oil* dengan persentasi sesuai dengan perlakuan (lihat Tabel 3.1) dan ditambah air dengan massa 40% dari massa media. Setelah itu, media tanam dimasukkan ke dalam bioreaktor. Duabelas unit bioreaktor tidak ditanami Vetiver (untuk

perlakuan 1) dan 12 bioreaktor yang lain ditanami Vetiver (untuk perlakuan 2).

Penyiapan Tanaman

C. zizanioides dipotong dengan ukuran yang sama (daun dengan panjang 20 cm dan akar dengan panjang 10 cm), kemudian disimpan di air selama 2 hari untuk meningkatkan kemampuan pertumbuhan akar. Setiap bioreaktor ditanami 1 tanaman yang memiliki 2 helai daun (Brandt, 2003). Tanaman ditumbuhkan pada rumah kaca terbuka.

Penyiapan dan Perbanyakan Bakteri

Isolat bakteri yang disediakan di BTL diperbanyak dengan menggunakan sistem aerasi hingga didapatkan kepadatan populasi bakteri yang diinginkan. Kemudian bakteri diencerkan dengan air dan ditambahkan ke masing-masing bioreaktor sebanyak 100 ml. Dalam sistem composting jumlah ideal mikroba yang dibutuhkan sebanyak 10^4 - 10^7 atau minimum 10^3 CFU/gr tanah (Sulistyowati, 2001). Populasi bakteri yang dipakai dalam penelitian adalah 10^6 CFU/ml media.

Pengairan dan Pemupukan

Seluruh bioreaktor disirami air sebanyak 100 ml. Pemupukan dengan pupuk anorganik Hyponex pada 2 minggu setelah penanaman tanaman. Pemupukan dilakukan bersamaan dengan pengairan (Brandt, 2003).

Dosis yang digunakan adalah sebesar 1 gram per 1 liter air.

2.2.2 Pengukuran Parameter Pertumbuhan

Tinggi Tanaman

Perhitungan tinggi tanaman dilakukan pada bulan ke-3. Tinggi tanaman diukur menggunakan mistar dari pangkal daun hingga ujung daun terpanjang.

Jumlah Anakan Tanaman

Perhitungan jumlah anakan dilakukan pada bulan ke-3. Jumlah Anakan yang dihitung hanya anakan yang hidup saja.

Panjang Akar Tanaman

Perhitungan panjang akar dilakukan pada bulan ke-3. Panjang akar dihitung dari pangkal akar sampai ujung akar terpanjang.

Biomassa Tanaman

Biomassa tanaman dihitung pada bulan ke-3. Daun dan akar yang telah diambil, ditimbang untuk mengetahui berat basahanya. Kemudian, daun dan akar dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C sekitar 3 hari, dan ditimbang setelah dikeluarkan dari oven (Brandt, 2003), kemudian dihitung biomassa keringnya.

2.2.3 Penghitungan Nilai TPC Bakteri

Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah sebanyak 5 gram untuk pengujian TPC diambil pada bulan ke-0 dan

bulan ke-3. Kemudian sampel tanah disimpan dalam kulkas pada suhu 4°C sampai penanganan selanjutnya (Brandt, 2003).

Uji TPC Bakteri

Sampel tanah yang telah disimpan, ditimbang sebanyak 1 gram. Selanjutnya diencerkan secara desimal (10^{-1} sampai 10^{-10} dengan menggunakan tabung reaksi masing-masing diisi 9 ml larutan Nutrient Broth steril). Diambil 1 ml larutan dari pengenceran, dipipet ke dalam cawan petri steril (duplo). Medium *plate count agar* yang telah didinginkan sampai kira-kira 44°C sebanyak 10 ml dituangkan ke dalam cawan petri dan dihomogenkan. Diinkubasi pada suhu kamar selama 24 jam. Cawan yang digunakan adalah cawan yang mengandung 30 – 300 koloni. Kemudian diukur jumlah populasi bakteri total. Dalam sistem komposting jumlah ideal mikroba yang dibutuhkan sebanyak 10^4 - 10^7 atau minimum 10^3 CFU/gr tanah (Sulistyowati, 2001).

2.2.4 Analisis Hidrokarbon Petroleum Total (Total Petroleum Hydrocarbon/TPH)

Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah sebanyak 15 gram diambil pada bulan ke-0 dan pada bulan ke-3 untuk pengujian kadar TPH. Kemudian sampel tanah disimpan dalam kulkas pada

suhu 4°C sampai penanganan selanjutnya (Brandt, 2003).

Analisis TPH

Sebelum dilakukan analisis TPH dihitung kadar air dan berat kering sampel yaitu dengan cara sampel tanah ditimbang seberat ± 5 gram, dan dioven selama 4 jam dengan suhu 100°C. Sampel tanah kering ditimbang ulang dan dihitung kadar airnya. Untuk penghitungan kadar TPH sampel tanah di preparasi dan diukur dengan menggunakan *soxhlet*. Sampel tanah ditimbang seberat ± 5 gram dan ditambahkan Natrium sulfat, kemudian dimasukkan ke dalam *cellulose thimble* dan ditutupi dengan *glass wool* secukupnya. Heksana sebanyak 75 ml dan aseton sebanyak 75 ml dimasukkan ke dalam *still pot/flask* dan dirangkai menjadi *soxhlet apparatus*.

Soxhlet apparatus dinyalakan selama 4 jam. *Crude oil* yang telah terekstraksi dialirkan seluruhnya ke *still pot*. Berat kosong *still pot* ditimbang. Pelarut yang ada dalam *still pot* diuapkan dengan *rotary evaporator* selama 5 menit dengan suhu 80°C sampai pelarut menguap dan tertinggal *crude oil* saja. *Still pot* ditimbang kembali setelah suhu stabil. Kemudian dihitung kadar TPH. Tingkat degradasi menunjukkan penurunan nilai TPH tiap hari dari hasil fitoremediasi. Rumus tingkat degradasi (penurunan kadar minyak) adalah:

$$PM = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

PM = penurunan kadar minyak (%)

A = kadar minyak awal (mg/kg)

B = kadar minyak setelah fitoremediasi (mg/kg)

(Bagariang, 2008)

3.4 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan 3 macam pengamatan yaitu pengamatan pertumbuhan tanaman, penghitungan nilai TPC bakteri dan analisis hidrokarbon petroleum total (*Total Petroleum Hydrocarbon/TPH*). Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) berpola faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor 1: Konsentrasi *crude oil* yang terdiri dari 4 taraf: M0:0%, M1:1%, M3:3%, dan M10:10%. Faktor 2: Penggunaan Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) yang terdiri dari 2 taraf: V0: tanpa menggunakan Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) dan V1: menggunakan Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), diperoleh 8 kombinasi perlakuan, masing-masing diulang 3 kali.

3.5 Analisa Data

Data dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap masing-masing parameter yang diamati.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai pengaruh penggunaan tanaman Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) sebagai fitoremediator dilakukan selama 6 bulan di Balai Teknologi Lingkungan yang berlokasi di Serpong-Tangerang. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan *polybag*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan tanaman Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) pada proses bioremediasi tanah terkontaminasi PHC. Tahapan-tahapan penelitian terdiri dari penyiapan bioreaktor dan media, penyiapan tanaman, perbanyakan dan penambahan bakteri, pengamatan pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, panjang akar, biomassa tanaman dan penghitungan jumlah anakan tanaman), pengukuran TPC bakteri serta pengukuran kadar TPH dan tingkat degradasi minyak.

4.1 Pengaruh *Crude oil* terhadap Pertumbuhan *Chrysopogon zizanioides*

4.1.1 Pengaruh *Crude oil* terhadap Tinggi Tanaman/ Panjang Tajuk

Perbedaan konsentrasi *crude oil* yang ditambahkan dalam penelitian berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman/ panjang tajuk. Hasil uji lanjut Duncan 5% pengaruh konsentrasi *crude oil* terhadap tinggi

tanaman/ panjang tajuk pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel. 4.1.

Tabel 4.1 Tinggi Tanaman / Panjang Tajuk pada berbagai perlakuan konsentrasi *crude oil*

Pengguna	Konsentrasi	Konsentrasi	Konsentrasi	Konsentrasi
naan	rasi	rasi	rasi	rasi
C.	<i>crude</i>	<i>crude</i>	<i>crude</i>	<i>crude</i>
<i>zizanioid</i>	<i>oil</i> 0%	<i>oil</i> 1%	<i>oil</i> 3%	<i>oil</i> 10%
es	(M0)	(M1)	(M3)	(M10)
(V1)				
Panjang				
Tajuk				
C.	58 ^b	64,5 ^b	70,67 ^b	14,3 ^a
<i>zizanioid</i>				
es (cm)				

Keterangan : Huruf yang berbeda menunjukkan pengaruh berbeda nyata dalam uji lanjut Duncan pada selang kepercayaan 95 %.



(A) (B) (C) (D)

Gambar 4.2. Tinggi tanaman/ panjang tajuk *C. zizanioides* pada tiap perlakuan konsentrasi *crude oil* : (A) M0V1 = Penambahan *crude oil* 0% dengan penambahan *C. zizanioides*; (B) M1V1 = Penambahan *crude oil* 1% dengan penambahan *C. zizanioides*; (C) M3V1 = Penambahan *crude oil* 3% dengan penambahan *C. zizanioides*; (D) M10V1 = Penambahan *crude oil* 10% dengan penambahan *C. zizanioides*.

4.1.2 Pengaruh *Crude oil* terhadap Jumlah Anakan

Pada bulan ke-0 *Chrysopogon zizanioides* diseragamkan tanpa anakan. Anakan yang dihitung dalam pengamatan hanya jumlah anakan yang hidup sedangkan anakan yang mati tidak dihitung. Perbedaan

konsentrasi *crude oil* yang ditambahkan dalam penelitian berpengaruh nyata terhadap jumlah anakan. Hasil uji lanjut Duncan 5% pengaruh konsentrasi *crude oil* terhadap jumlah anakan pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel. 4.2.

Tabel 4.2 Jumlah anakan pada berbagai perlakuan konsentrasi *crude oil*

Pengguna	Konsentrasi	Konsentrasi	Konsentrasi	Konsentrasi
an	asi	asi	asi	asi
C.	<i>crude oil</i>	<i>crude oil</i>	<i>crude oil</i>	<i>crude oil</i>
<i>zizanioid</i>	0%	1%	3%	10%
es	(M0)	(M1)	(M3)	(M10)
Jumlah				
anakan				
C.				
<i>zizanioid</i>	11 ^b	10 ^b	12 ^b	2 ^a
es				
(anakan				
)				

Keterangan : Huruf yang berbeda menunjukkan pengaruh berbeda nyata dalam uji lanjut Duncan pada selang kepercayaan 95 %.

Menurut Bossert & Bartha (1984) dalam Herdiyanto (2005), konsentrasi *crude oil* dalam jumlah sedang (1-5%) di atas permukaan tanah umumnya kurang merusak terhadap tumbuhan. Konsentrasi yang rendah (< 1%) kadang-kadang meningkatkan perkembangan tumbuhan. Hal ini mungkin disebabkan adanya bagian dari komponen hidrokarbon *crude oil* yang berfungsi sebagai hormon tumbuh bagi tumbuhan.

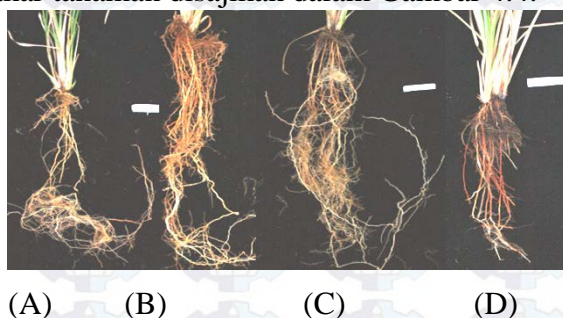
4.1.3 Pengaruh Cekaman *Crude oil* terhadap Panjang Akar

C. zizanioides menumbuhkan akar terpanjang pada penambahan *crude oil* 3% . Cekaman *crude oil* memberikan pengaruh nyata terhadap panjang akar *C. zizanioides*. Perbedaan konsentrasi *crude oil* yang ditambahkan dalam penelitian berpengaruh nyata terhadap panjang akar. Hasil uji lanjut Duncan 5% pengaruh konsentrasi *crude oil* terhadap panjang akar pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel. 4.3.

Tabel 4.3 Panjang Akar pada berbagai perlakuan konsentrasi *crude oil*

Pengguna an	Konsentr asi	Konsentr asi	Konsentr asi	Konsentr asi
<i>C. zizanioides</i>	<i>crude oil</i> 0%	<i>crude oil</i> 1%	<i>crude oil</i> 3%	<i>crude oil</i> 10%
	(M0)	(M1)	(M3)	(M10)
Panjang Akar				
<i>C. zizanioides</i> (cm)	59,33 ^b	78,33 ^{bc}	109,33 ^c	15,33 ^a

Keterangan : Huruf yang berbeda menunjukkan pengaruh berbeda nyata dalam uji lanjut Duncan pada selang kepercayaan 95 %. Dan untuk lebih detailnya panjang akar tanaman disajikan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik panjang akar *Chrysopogon zizanioides* pada berbagai konsentrasi *crude oil*

Spesies yang toleran PHC memiliki morfologi akar yang termodifikasi dengan ciri akar yang lebih kasar, pendek, dan tebal. Karakteristik ini berhubungan dengan degradasi PHC yang lebih tinggi (Merkl *et al.*, 2005) dan peningkatan penyerapan air serta nutrisi untuk mendukung pertumbuhan tanaman di bawah kontaminasi tanah. Efek negatif PHC pada respon fisiologi tanaman dan morfologi akar bervariasi berdasarkan spesies tanaman, tipe dan sifat tanah, komposisi mikroba, dan tipe, komposisi, dan konsentrasi petroleum (Siciliano *et al.*, 2001).

4.1.4 Pengaruh *Crude oil* terhadap Biomassa *Chrysopogon zizanioides*

Penambahan masing-masing *crude oil* dalam media tanam menggunakan *C. zizanioides* menyebabkan pengaruh perbedaan biomassa akar secara nyata pada bulan ke-3 setelah penanaman tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap biomassa tajuk. Hasil uji lanjut Duncan 5% pengaruh konsentrasi *crude oil* terhadap biomassa akar dan biomassa tajuk pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel. 4.4.

Tabel 4.4 Biomassa akar dan tajuk pada berbagai perlakuan konsentrasi *crude oil*

Pengguna an	Konsentr asi	Konsentr asi	Konsentr asi	Konsent rasi
<i>C. zizanioides</i>	<i>crude oil</i> 0%	<i>crude oil</i> 1%	<i>crude oil</i> 3%	<i>crude oil</i> 10%
	(M0)	(M1)	(M3)	(M10)

Biomassa				
Akar				
C.	1,6 ^a	2,6 ^b	2,7 ^b	1,4 ^a
<i>zizanioides</i>				
s (gr)				
Biomassa				
tajuk				
C.	3,2 ^a	2,7 ^b	2,6 ^b	2,5 ^b
<i>zizanioides</i>				
s (gr)				

Keterangan : Huruf yang berbeda menunjukkan pengaruh berbeda nyata dalam uji lanjut Duncan pada selang kepercayaan 95 %.

C. zizanioides yang dipapar pada tanah yang dicemari dengan *crude oil* memiliki proporsi biomassa akar lebih banyak daripada tajuk

Rasio biomassa akar dan biomassa tajuk berdasarkan analisis ANOVA tidak berbeda nyata. Sedangkan pada biomassa total, perlakuan penambahan *crude oil* memberikan pengaruh nyata setelah 3 bulan pengamatan. Hasil uji lanjut Duncan 5% pengaruh konsentrasi *crude oil* terhadap biomassa total pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel. 4.5.

Tabel 4.5 Nilai rata-rata biomassa total pada berbagai perlakuan konsentrasi *crude oil*

Pengguna	Konsentr	Konsentr	Konsentr	Konsentr
an	asi	asi	asi	asi
C.	<i>crude oil</i>	<i>crude oil</i>	<i>crude oil</i>	<i>crude oil</i>
<i>zizanioides</i>	0%	1%	3%	10%
s	(M0)	(M1)	(M3)	(M10)
Biomassa				
Total				
C.	4,8 ^b	5,1 ^b	5,6 ^b	3,9 ^a
<i>zizanioides</i>				
s (gr)				

Keterangan : Huruf yang berbeda menunjukkan pengaruh berbeda nyata dalam uji lanjut Duncan pada selang kepercayaan 95 %.

Menurut Alarcón (2006) beberapa pengaruh terhadap fisiologi tanaman yang dipaparkan pada PAH berhubungan dengan modifikasi sintesis enzim spesifik seperti laktase, dehalogenase, nitroreduktase, nitrilase, dan peroksidase) yang berkontribusi pada oksidasi inisial dan degradasi PAH pada rizosfer. Kematian tanaman vetiver pada hasil pengamatan (pada konsentrasi *crude oil* 10%) dapat disebabkan karena gangguan fisiologis baik pada daun maupun akar.

4.2 Pengaruh *Crude oil* terhadap Jumlah Bakteri Bulk Soil dan Bakteri Rizosfer *Chrysopogon zizanioides*

Crude oil pada tanah mempengaruhi jumlah bakteri tanah, semakin tinggi persentase *crude oil* semakin tinggi jumlah bakteri tanah. Kenaikan jumlah bakteri terjadi pada seluruh perlakuan pada bulan ke-3 kecuali pada *crude oil* 10% (M10). Konsentrasi *crude oil* dan penggunaan *C. zizanioides* tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah bakteri pada *bulk soil*. Tetapi nilai rata-rata jumlah bakteri bulk pada tanah yang menggunakan tanaman Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) bernilai lebih tinggi dibandingkan dengan tanah tanpa menggunakan tanaman Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) Jumlah bakteri pada *bulk soil* setelah bulan ke-3 pada Tabel. 4.6.

Tabel 4.6. Jumlah bakteri pada *bulk soil* setelah bulan ke-3

Konsentrasi crude oil (%) (M)	Jumlah Bakteri Bulk Soil (CFU)	
	Tanpa <i>C. zizanioides</i> (V0)	Menggunakan <i>C. zizanioides</i> (V1)
Konsentrasi crude oil 0% (M0)	8.67E+05	2.14E+06
Konsentrasi crude oil 1% (M1)	1.07E+06	4.02E+06
Konsentrasi crude oil 3% (M3)	1.30E+06	1.76E+07
Konsentrasi crude oil 10% (M10)	8.13E+05	8.33E+05

Berdasarkan Tabel 4.6 menunjukkan adanya perbedaan nilai antara jumlah populasi bakteri antara perlakuan tanpa menggunakan *C. zizanioides* dan yang menggunakan *C. zizanioides*. Hal ini dikarenakan rumput memberikan zat-zat yang dibutuhkan oleh bakteri. Sesuai dengan pendapat Lay (1992) bahwa bagian dimana terjadi pertemuan antara akar dan tanah disebut rhizosfer, populasi bakteri pada bagian ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Sehingga pada tanah yang terdapat tanaman jumlah bakteri lebih banyak. Bakteri mendominasi daerah rhizosfer, pertumbuhannya didukung oleh bahan nutrisi yang dilepaskan oleh jaringan akar tanaman misalnya asam amino, vitamin, dan zat hara lainnya sehingga bakteri mampu tumbuh lebih baik dan jumlah populasi bakteri lebih banyak di daerah rhizosfer ini.

Perbandingan yang sangat jauh terjadi pada jumlah populasi bakteri rhizosfer dan bakteri non rhizosfer, hal ini diduga karena adanya efek rhizosfer. Menurut Subba Rao (1994), efek rizosfer selain tampak dalam bentuk melimpahnya jumlah mikroorganisme juga dalam adanya distribusi bakteri yang memiliki ciri mempunyai kebutuhan khusus, yaitu asam amino, vitamin-vitamin B, dan faktor pertumbuhan khusus (kelompok nutrisi). Laju kegiatan metabolik mikroorganisme rizosfer itu berbeda dengan laju kegiatan metabolik mikroorganisme dalam tanah non-rizosfer.

4.3 Penurunan Nilai Hidrokarbon Petroleum Total (*Total Petroleum Hydrocarbon / TPH*)

Fitoremediasi *crude oil* dengan *C. zizanioides* selama 3 bulan menunjukkan adanya perbedaan antara penurunan TPH pada media yang tanpa ditanami *C. zizanioides* dan media yang ditanami *C. zizanioides*. Pada media yang ditanami *Chrysopogon zizanioides* perlakuan penambahan *crude oil* 1% dan 3% , nilai rata-rata TPH (%) dengan 3 kali ulangan pada bulan ke-3 turun menjadi 0,81% dan 0,99% . Pada perlakuan penambahan *crude oil* 10% pada ulangan 1 dan 3, penurunan TPH sepenuhnya terjadi tanpa ada interaksi dengan tanaman, karena *C. zizanioides* mati pada minggu pertama. Hanya faktor

Menurut Frick dkk., secara umum degradasi hidrokarbon mungkin tidak dapat dilakukan secara langsung oleh tumbuhan. Tetapi tumbuhan akan bekerjasama dengan mikroba atau tergantung pada tipe polutan, jenis mikroba dan lingkungannya.

Hasil uji lanjut Duncan 5% pengaruh interaksi perlakuan berbagai konsentrasi *crude oil* dan penggunaan rumput *Chrysopogon zizanioides* terhadap nilai TPH setelah 3 bulan disajikan dalam Tabel 4.7.

Penurunan rata-rata nilai TPH (%) pada interaksi perlakuan konsentrasi *crude oil* dan pemanfaatan *Chrysopogon zizanioides* setelah 3 bulan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Penurunan rata-rata nilai TPH (%) pada interaksi perlakuan konsentrasi *crude oil* dan pemanfaatan *Chrysopogon zizanioides* setelah 3 bulan

Konsentrasi <i>crude oil</i> (%) (M)	Penurunan rata-rata nilai TPH (%)	
	Tanpa <i>C. zizanioides</i> (V0)	Menggunakan <i>C. zizanioides</i> (V1)
Konsentrasi <i>crude oil</i> 0% (M0)	0,00 ^{ax}	0,00 ^{ax}
Konsentrasi <i>crude oil</i> 1% (M1)	50,74 ^{cx}	80,31 ^{cy}
Konsentrasi <i>crude oil</i> 3% (M3)	60,57 ^{dx}	89,92 ^{dy}
Konsentrasi <i>crude oil</i> 10% (M10)	30,70 ^{bx}	49,81 ^{by}

Keterangan : Huruf yang berbeda menunjukkan pengaruh berbeda nyata dalam uji lanjut Duncan pada selang kepercayaan 95 %.

Tabel 4.8. menunjukkan bahwa pada perlakuan M0 (0%) didapatkan hasil yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hal ini diduga karena tidak adanya *crude oil* yang ditambahkan pada perlakuan ini

sehingga tidak ada proses degradasi hidrokarbon.

Menurut Clark (1942) dalam Bruehl (1987) daerah sekitar perakaran, rizosfer, relatif kaya akan nutrisi / unsur hara di mana fotosintat tanaman hilang sebanyak 40% dari akar. Konsekuensinya dukungan rizosfer cukup besar dan kemampuan menggunakan populasi mikrobial aktif yang bermanfaat, netral atau yang merusak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Pentingnya populasi mikrobial di sekitar rizosfer adalah untuk memelihara kesehatan akar, pengambilan nutrisi atau unsur hara, dan toleran terhadap stress / cekaman lingkungan pada saat sekarang telah dikenal. Mikroorganisme menguntungkan ini dapat menjadi komponen yang signifikan dalam manajemen pengelolaan untuk dapat mencapai hasil, yang mana ditegaskan bahwa hasil tanaman budidaya dibatasi hanya oleh lingkungan fisik alamiah tanaman dan potensial genetik bawaan.

Hidrokarbon yang ada didegradasi oleh bakteri dengan beberapa macam enzim yang dimilikinya dan akan menghasilkan CO₂ dan H₂O serta energi. Sebaliknya tumbuhan akan memanfaatkan CO₂, H₂O dan energi untuk melakukan proses metabolismenya. Tumbuhan dalam hal ini *Chrysopogon zizanioides* akan mengeluarkan eksudat akar yang bias dimanfaatkan oleh bakteri untuk melakukan

metabolisme yang hasilnya akan digunakan untuk meningkatkan aktifitasnya termasuk mendegradasi hidrokarbon crude oil bumi. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Wenzell bahwa rhizosfer merupakan habitat yang sangat baik untuk pertumbuhan mikroba karena akar menyediakan berbagai bahan organik yang umumnya menstimulir pertumbuhan mikroba. Bahan organik yang dikeluarkan akar dapat berupa: eksudat akar seperti gula, asam amino, asam organik, asam lemak, dan sterol, faktor tumbuh, nukleotida, flavonon dan enzim. Enzim utama yang dihasilkan oleh akar adalah oksidoreduktase, hidrolase, liase, dan transferase sedangkan enzim yang dihasilkan oleh mikroba di rhizosfer adalah selulase, dehidrogenase, urease, fosfatase, dan sulfatase. Sedangkan eksudat akar yang dihasilkan oleh tumbuhan *Chrysopogon zizanioides* berupa karbohidrat larut, asam organik, asam amino dan hormon pertumbuhan. Eksudat akar *C. zizanioides* menyediakan sumber nutrisi dan energi untuk pertumbuhan mikroba di rhizosfer (Russel, 1982 dan Lynch, 1990).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemanfaatan *Chrysopogon zizanioides* dapat meningkatkan

degradasi PHC (*Petroleum Hydrocarbon*)

2. Pola degradasi dengan adanya *Chrysopogon zizanioides* pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi *crude oil* yang ditambahkan maka tingkat degradasi TPH juga semakin meningkat, tetapi *Chrysopogon zizanioides* tidak toleran terhadap konsentrasi *crude oil* yang terlalu tinggi (dalam penelitian ini konsentrasi tertinggi adalah 10%)

3. Degradasi PHC (*Petroleum Hydrocarbon*) berlangsung optimum pada kadar *crude oil* (*crude oil*) 3 % dengan pemanfaatan *Chrysopogon zizanioides* sebagai agen fitoremediasi yaitu sebesar 89,92%.

4.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai identifikasi komposisi bakteri yang hidup di perakaran Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) pada suatu proses bioremediasi khususnya bioremediasi pada tanah terkontaminasi PHC (*Petroleum Hydrocarbon*).

DAFTAR PUSTAKA

- Alarcón, A. (2006). The Physiology of Mycorrhizal *Lolium multiflorum* in the Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Soil.

- PhD Thesis*. Texas A&M University.
- Bagariang, E. N. (2008). Uji Kemampuan Kembang Kuning (*Cassia surattensis*) terhadap Degradasi Hidrokarbon Oil Spill Studi Kasus PT. Chevron Pacific Indonesia Riau. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Teknik Lingkungan, Surabaya.
- Blakely, J., Neher, D., & Spongeberg, A. (2002). Soil invertebrate and microbial communities, and decomposition as indicators of polycyclic aromatic hydrocarbon contamination. *Applied Soil Ecology* (21), 71–88.
- Brandt, R. (2003). Potential of vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Nash) for the use in phytoremediation of petroleum hydrocarbon-phytoremediation of petroleum-contaminated soil. *Bioremed. J.* (6), 57-63.
- Macinnis-Ng, C., & Ralph, P. (2003). In situ impact of petrochemicals on the photosynthesis of the seagrass *Zostera capricorni*. *Mar. Pollut. Bull.* (46), 1395-1407.
- Mangkoediharjo, S. (2005). Remediation Technologies Selection for Oil-contaminated soils in Venezuela. *Diplomarbeit*, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie, Münster.
- Eapen, S., & D'Souza, S. F. (2004). Prospects of genetic engineering of plants for phytoremediation of toxic metals. *Biotechnology Advances* (23), 97-114.
- Kamath, R., Rentz, J., Schnoor, J., & Alvarez, P. 2004. Phytoremediation of hydrocarbon-contaminated soil: principles and applications. dalam Vazquez-Duhalt, R. dan Quintero-Ramirez, R. (Penyunting). *Studies in Surface Science and Catalysis* 151. Elsevier B.V.
- Kirk, J., Klironomos, J., Lee, H., & Trevors, J. (2002). Phytotoxicity assay to assess plant species for Polluted Marine Ecosystem. *Makalah*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Teknik Lingkungan, Surabaya.
- Merkl, N., Schultze-Kraft, R., & Infante, C. (2005). Phytoremediation in the tropics – influence of heavy crude oil on root morphological characteristics of graminoids. *Environ. Pollut.*, 138, 86-91.

- NRC. (1993). *Vetiver grass: a thin green line against erosion. Board on Science and Technology for International Development, National Research Council.* Washington D.C.: National Academy Press.
- PPLI. (2010). *IPOC and Senipah Waste Management Overview.* Balikpapan.
- Robertson, S. J., McGill, W. B., Massicotte, H. B., & Rutherford, P. M. (2007). Petroleum hydrocarbon contamination in boreal forest soil: a mycorrhizal ecosystems perspective. *Biological Reviews* (82), 213-240.
- Siciliano, S., Fortin, N., Mihoc, A., Wisse, G., Labelle, S., Beaumier, D., *et al.* (2001). Selection of specific endophytic bacterial genotypes by plants in response to soil contamination. *Appl. Environ. Microbiol.*, 67, 2469-2475.
- Suleimanov, R., Gabbasova, I., & Sitdikov, R. (2005). Changes in the properties of oily gray forest soil during biological reclamation. *Biological Bulletin* (32), 109–115.
- Susilorukmi, A., & Sriwuryandari, L. (2006). Study on application of vetiver grass and enriched culture of microorganisms for phytoremediation of oil sludge on land site. *The 4th International Symposium on Sustainable Sanitation.* Bandung: LIPI-JST.
- Tiquia, S., Lloyd, J., Herms, D., Hoitink, H., & Michel, F. (2002). Effects of mulching and fertilization on soil nutrients, microbial activity and rhizosphere bacterial community structure determined by analysis of TRFLPs of PCR-amplified 16S rRNA genes. *Applied Soil Ecology*, 21, 31–48.
- Torres, M., & Dangel, J. (2005). Functions of the respiratory burst oxidase in biotic interactions, abiotic stress and development. *Curr. Opin. Plant Biol* (8), 397-403.
- Trofimov, S., & Rozanova, M. (2003). Transformation of soil properties under the impact of oil pollution. *Eurasian Soil Science*, 36, S82–S87.
- Van Hamme, J., Singh, A., & Ward, O. (2003). Recent advances in petroleum microbiology. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* (67), 503-549.
- Xia, H., Liu, S., & Ao, H. (2000). A study on purification and uptake of garbage leachate by vetiver grass. *Proceedings of the Second International Vetiver Conference (IVC-2).* Petchaburi